

⑤ Int. Cl. 3 = Int. Cl. 2

Int. Cl. 2:

H 04 B 9/00

⑱ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

DE 22 34 445 C 3

## Patentschrift 22 34 445

①

②

③

④

⑤

⑥

Aktenzeichen: P 22 34 445.2-35

Anmeldetag: 13. 7. 72

Offenlegungstag: 24. 1. 74

Bekanntmachungstag: 9. 8. 79

Ausgabetag: 24. 4. 80

Patentschrift stimmt mit der Auslegeschrift überein

⑦

Unionspriorität:

⑫ ⑬ ⑭

⑮

Bezeichnung: Optisches Nachrichtenübertragungssystem

⑯

Patentiert für: Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft AEG-Telefunken,  
1000 Berlin und 6000 Frankfurt; Siemens AG,  
1000 Berlin und 8000 München

⑰

Erfinder: Sander, Arnold, Dr., 6100 Darmstadt

⑱

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

Hölzler, E. - Holzwarth, H.: Pulstechnik, Bd. I,  
Grundlagen, Berlin, Heidelberg, New York  
1975

Z: Bild und Ton, H. 11, 1963, 16. Jg., S. 322-327

DE 22 34 445 C 3

BEST AVAILABLE COPY



## Patentansprüche:

1. Optisches Nachrichtenübertragungssystem, bestehend aus atmosphärischen und Weltraum-Richtfunkstrecken einerseits und Faserleitungsstrecken andererseits, dadurch gekennzeichnet, daß die Sende-Empfangseinrichtungen der einzelnen Strecken für Differenzpulsphasenmodulation (DPPM) unter Verwendung eines für alle Strecken gleichen mehrstufigen Codes, und deren Sendeeinrichtungen für die Erzeugung einer Strahlung bei einer Wellenlänge von  $1,06 \mu\text{m}$  ausgelegt sind.
2. Nachrichtenübertragungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Strahlungsquellen für die atmosphärischen und Weltraum-Richtfunkstrecken Festkörperlaser der Typen Nd:YAG, Nd:YALO, Nd:CaWo vorgesehen sind.
3. Nachrichtenübertragungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Festkörperlaser mit einem passiven Güteschalter Lichtimpulse erzeugen.
4. Nachrichtenübertragungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Festkörperlaser nach dem Prinzip der Auskoppelmodulation mit einem Auskoppelschalter (elektrooptischer Modulator) nebst Polarisationsprisma Lichtimpulse erzeugen.
5. Nachrichtenübertragungssystem nach Anspruch 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Pumplicht mit Laser- oder Lumineszenzdioden erzeugt wird.
6. Nachrichtenübertragungssystem nach Anspruch 2 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß beim Nd:YAG-Laser  $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ - oder  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -Lumineszenzdiolen und beim Yb:YAG-Laser  $\text{GaAs:Si}$ -Lumineszenzdiolen zur Pumplichterzeugung vorgesehen sind.
7. Nachrichtenübertragungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als optischer Detektor eine Lawinenfotodiode, insbesondere eine Ge-Lawinenphotodiode vorgesehen ist.
8. Nachrichtenübertragungssystem nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Faserleitungsstrecken als Vielwellentyp-Mantelfaserkabel mit Lumineszenzdiolen als Strahlungsquelle ausgebildet sind.
9. Nachrichtenübertragungssystem nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Faserleitungsstrecken als Gradientenfaserkabel mit Lumineszenzdiolen oder Halbleiterlasern als Strahlungsquelle ausgebildet sind.
10. Nachrichtenübertragungssystem nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Faserleitungsstrecken als Einwellentyp-Mantelfaserkabel mit Halbleiterlasern als Strahlungsquelle ausgebildet sind.
11. Nachrichtenübertragungssystem nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Laser einen externen Modulator aufweisen.
12. Nachrichtenübertragungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Takt über eine besondere Faser optisch übertragen wird.
13. Nachrichtenübertragungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß der Takt zusammen mit Informationssignalen in einer Faser übertragen wird.

14. Nachrichtenübertragungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Takt aus den Informationssignalen abgeleitet wird.

15. Nachrichtenübertragungssystem nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleiterlaser Homojunction- (HJ), Single-Heterojunction- (SH) oder Double-Heterojunction- (DH) Injektionslaser sind.

16. Nachrichtenübertragungssystem nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Heterojunctions-Laser  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -Injektionslaser sind.

17. Nachrichtenübertragungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil der Fasern in der einen, der andere Teil in der anderen Richtung überträgt (Duplexbetrieb).

18. Nachrichtenübertragungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 10, gekennzeichnet durch die Verwendung mehrerer voneinander optisch isolierter Fasern in einem optischen Kabel, auf denen jeweils verschiedene Signale übertragen werden (Raummultiplexverfahren).

Die Erfindung bezieht sich auf ein optisches Nachrichtenübertragungssystem, bestehend aus atmosphärischen und Weltraum-Richtfunkstrecken einerseits und Faserleitungsstrecken andererseits.

Es ist bekannt, daß für die Nachrichtenübertragung in den tiefen Weltraum, z. B. zum Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun, Lasersysteme mit Pulsintervallmodulation (PiM) vorgeschlagen wurden. Diese Systeme besitzen die größte Reichweite im Weltraum (M. Ross: Pulse Interval Modulation Laser Communications, IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems AES-3, Nov. 1967, S. 990).

Es ist ferner bekannt, daß ein optisches Richtfunkssystem in der Atmosphäre eine größere Reichweite besitzt, wenn es mit Pulsintervallmodulation anstelle von Pulscodeintensitätsmodulation (PCM/IM) arbeitet, gleiche mittlere Sendeleistung vorausgesetzt (L. J. Greenstein: Analysis of a Digital Transmission System Using Noncoherent Light, IEEE Int. Conf. on Communications, Montreal 1971, S. 2-7 bis 2-12).

Für Faserleitungssysteme wurde die Pulscodeintensitätsmodulation (PCM/IM) vorgeschlagen (DAS 1254513 und M. Chown, K. C. Kao: Breitband-Nachrichtensysteme mit optischen Faser-Wellenleitern, Elektr. Nachrichtenwesen 46 [1971] Nr. 2, S. 129-136).

Außerdem ist ein Kurzstrecken-Lichtsprenger für die Atmosphäre bekanntgeworden, das mit Differentialpulsphasenmodulation (DPPM) arbeitet (Technical Brochure of NEC Semiconductor Laser Communication Equipment, Nippon Electric Co., Ltd, Tokyo, 1971).

Während bei der Pulsintervall-Modulation ein Start- bzw. Referenzimpuls benötigt wird, der keine Information enthält, aber Lichtenergie verbraucht, liegt bei der Differentialpulsphasenmodulation nur in einem der  $M$  gleichen Zeitkanäle ein Informationsim-

puls. Die Information ist durch dessen Abstand vom vorhergehenden Informationsimpuls gegeben, d. h., neben den Informationsimpulsen werden keine besonderen Start- bzw. Referenzimpulse gebraucht.

Diese unterschiedlichen Konzepte für optische Nachrichtenübertragungssysteme sind durch die verschiedenen Übertragungsmedien sowie die mit Hilfe dieser Medien zu überbrückenden unterschiedlichen Entfernungen entstanden. Diese unterschiedlichen Konzepte stehen dem Aufbau eines Faserleitungsstrecken und atmosphärische und Weltraum-Richtfunkstrecken umfassenden optischen Nachrichtenübertragungssystem entgegen, weil der technische Aufwand an den Schnittstellen zwischen zwei aneinander grenzenden unterschiedlichen Strecken sehr hoch wird und darüber hinaus auch die Qualität der Übertragung mit zunehmender Zahl von Schnittstellen längs eines Signalübertragungsweges rasch ab- und die Wahrscheinlichkeit von Betriebsstörungen rasch zunimmt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für ein System der einleitend genannten Art eine Lösung anzugeben, die das Zusammenwirken von optischen Nachrichtenübertragungsstrecken mit unterschiedlichen Übertragungsmedien bei geringem Schnittstellenaufwand ermöglicht, und zwar bei Gewährleistung wenigstens annähernd optimaler Anpassung der übertragungstechnischen Maßnahmen an das jeweils verfügbare Übertragungsmedium.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß die Sende-Empfangeinrichtung der einzelnen Strecken für Differenzpulsphasenmodulation (DPPM) unter Verwendung eines für alle Strecken gleichen mehrstufigen Codes, und deren Sendeeinrichtungen für die Erzeugung einer Strahlung bei einer Wellenlänge von  $1,06 \mu\text{m}$  ausgelegt sind.

Die Erfindung beruht einmal auf der Erkenntnis, daß die Differentialpulsphasenmodulation, die bisher nur für Lichtsprechgeräte mit Halbleiterlasern mit notwendigerweise geringer Strahlungsleistung und geringer Übertragungskapazität angewandt wurde, wie kaum ein anderes Modulationsverfahren für die optische Nachrichtenübertragung in allen in Frage kommenden Übertragungsmedien geeignet ist. Das sind:

- 1) Faserleitungen, z. B. Glasfaserkabel,
- 2) atmosphärische terrestrische optische Richtfunkssysteme,
- 3) optische Satellitenübertragungssysteme in der Atmosphäre, z. B. zur Übertragung zwischen Bodenstationen und Satellit und umgekehrt,
- 4) optische Satellitenübertragungssysteme im Weltraum, d. h. zur Übertragung zwischen Satellit und Satellit.

Damit ergibt sich die Perspektive eines optischen Nachrichtenübertragungssystems, das sich aus Faserleitungen, optischen Richtfunkstrecken und Satellitenübertragungsstrecken in der Atmosphäre und im Weltraum zusammensetzt, ohne daß an den Schnittstellen die Modulationsart gewechselt werden muß. Hiermit entfallen an den Schnittstellen die Umcodierer, wenn neben der gleichen Modulationsart auch eine gleiche Codierung auf allen Strecken gewählt wird. Nach dem zweiten Merkmal der Erfindung wird hierfür ein mehrstufiger Code vorgeschlagen, bei dem in an sich bekannter Weise jedem Impuls mehrere Bit Informationen zugeordnet sind. Damit läßt sich die begrenzte Energie der jeweils verwendeten Strah-

lungsquelle besonders gut ausnutzen.

Die Verwendung dieser einheitlichen Systemtechnik läßt sich aber nur verwirklichen, wenn dem jeweiligen Übertragungsabschnitt, sei es eine optische Richtfunkstrecke oder Faserleitung, technologisch ausgereifte Bauelemente für die jeweiligen optischen Sender, Empfänger und Wiederholverstärker zur Verfügung stehen.

Die optische Nachrichtenübertragungstechnik unterscheidet sich in diesem Punkt von der hochfrequenten Übertragungstechnik insofern, als insbesondere die optischen Sender in der Regel nur auf diskreten Frequenzen arbeiten. Als ein vom Standpunkt der Wellenausbreitung günstiger Wellenbereich, in dem sich die den unterschiedlichen Anforderungen des jeweiligen Übertragungsabschnittes angepaßten Strahlungsquellen gemeinsam überdecken, wird nach dem dritten Merkmal der Erfindung eine Wellenlänge von  $1,06 \mu\text{m}$  vorgesehen.

Die Anforderungen an die optischen Sender und Empfänger der verschiedenen Übertragungsabschnitte des kompatiblen Systems zeigen trotz der verschiedenen Übertragungsmedien in manchen Punkten starke Ähnlichkeiten, wie die folgenden Betrachtungen zeigen sollen.

An die Strahlungsquelle des Systemteils für Atmosphäre und Weltraum gemäß der Erfindung sind folgende Anforderungen gestellt:

1. Erzeugung hoher Impulsspitzenleistungen
2. Erzeugung kurzer Impulse
3. Erzeugung einer hohen Impulsfrequenz
4. Die Impulse müssen sich genau zeitlich definiert erzeugen lassen
5. Der Impulsabstand muß veränderbar sein (diese Bedingung ergibt sich aus den Eigenschaften der Differentialpulsphasenmodulation).

Diesen Anforderungen kann z. B. eine Injektionslaserdiode wie sie bei dem bekannten DPPM-Lichtsprechgerät benutzt wurde, nicht voll entsprechen, wohl aber ein Festkörperlaser, wie er für die optischen Richtfunkstrecken vorgeschlagen wird. Insbesondere eignet sich der Nd:YAG-Laser, der Strahlung mit  $1,06 \mu\text{m}$  Wellenlänge im Impulsbetrieb erzeugt. Das Pumplicht wird z. B. von  $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ - oder  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -Lumineszenzdiolen erzeugt; die Lichtimpulse dieser Dioden werden durch eine Steuerstufe ausgelöst.

Ferner ist der Nd:YALO-Laser in Betracht zu ziehen, der drei starke Linien (bei  $1,0645$ ,  $1,0725$  und  $1,0795 \mu\text{m}$ ) wahlweise emittiert, sowie der Nd:CaWo-Laser mit  $1,06 \mu\text{m}$  Wellenlänge.

In Betracht kommt ferner der Yb:YAG-Laser, der Strahlung mit  $1,03 \mu\text{m}$  Wellenlänge erzeugt. Er wird z. B. durch Pumpen mit dem Licht von  $\text{GaAs:Si}$ -Lumineszenzdiolen erregt.

Als optischer Detektor ist bei dieser Wellenlänge die Ge-Lawinenfotodiode geeignet.

Die Erzeugung von Lichtimpulsen beim Festkörperlaser ist auf zwei verschiedene Weisen möglich:

- 1) Der Laser wird durch einen (passiven) Güteschalter geschaltet.
- 2) Der Laser wird durch einen Auskoppelschalter (aktiver Güteschalter) geschaltet.

Es ergeben sich dementsprechend zwei Ausführungsformen für das System gemäß der Erfindung.

Im folgenden wird auf die Probleme bei Faserleitungssystemen eingegangen. Bei einem der bekannten PCM/IM-Faserleitungssystemen mit regenerativen

Wiederholverstärkern beträgt die Dämpfung eines Kabelfeldes maximal 40 dB. Diese Begrenzung ergibt sich aus dem kleinsten nachweisbaren Signalwert (minimum detectable signal) und aus der Strahlungsenergie der Strahlungsquelle. Bei einer Kabeldämpfung von 20 dB/km ist daher eine Kabelfeldlänge von 2 km maximal möglich. Um die Kabellänge einen Kilometer zu vergrößern wäre es nötig, die Strahlungsenergie der Strahlungsquelle um das Hundertfache zu steigern. Dem steht u. a. der Umstand entgegen, daß die Strahlungsquelle (Lumineszenz- oder Laserdiode) miniaturisiert ausgeführt sein muß (Wärmeabfuhr!).

Andererseits ist man daran interessiert, bei gegebener Kabelfeldlänge einen möglichst hohen Informationsfluß zu erzielen.

Für die Konstruktion eines Faserleitungssystems zur Nachrichtenübertragung liegt daher die gleiche Aufgabenstellung vor, wie für Laserübertragungssysteme für Atmosphäre und Weltraum: Man benötigt eine Strahlungsquelle hoher Impulsleistung, eine passende Modulationsart unter Berücksichtigung des Mediums und eine passende Codierung, die realisierbar ist.

Die Verwendung von Festkörperlaser bei Faserleitungsstrecken ist besonders angezeigt, wenn die Kabelfeldlänge groß bemessen werden soll. Kabelfeldlängen mittlerer Größe lassen sich auch unter Verwendung von Injektionslaserdioden oder Lumineszenzdioden realisieren. Die Modulation erfolgt dabei direkt über den Diodenstrom, falls es sich um Lumineszenzdioden handelt. Bei Laserdioden ist u. U. die Verwendung eines externen Modulators angezeigt.

Zur Übertragung der Lichtimpulse stehen Glasfaserleitungen, Faserleitungen mit Fasern aus einem organischen Kunststoff und schließlich Faserleitungen mit Flüssigkeitsfasern zur Verfügung. Die Faserleitungen lassen sich als Mantelfaser (auch Kernfaser genannt) und als Gradientenfaser (auch Gradientenader genannt) ausführen. Die Mantelfaser erlaubt bei genügend dünnem Kern nur die Ausbreitung eines einzigen Wellentyps. Man unterscheidet daher Ein-Wellentypfasern und Vielwellentypfasern. Zu den letzteren gehört auch die Gradientenfaser. Da die verschiedenen Wellentypen unterschiedliche Geschwindigkeiten besitzen, tritt bei den Vielwellentypfasern eine stärkere Impulsverformung auf als bei den Einwellentypfasern.

Eine Ausnahme besteht bei der Gradientenfaser. Hier besitzen alle Wellentypen infolge des vom Radius abhängenden Brechungsindex die gleiche Geschwindigkeit, und die Impulsverformung ist daher herabgesetzt.

Die einfacher herzustellenden Vielwellentyp-Mantelfasern eignen sich daher für Faserleitungen über kürzere Entfernungen, z. B. im Ortsnetz zur Verbindung von Vermittlungsämtern (Intracity Communication). Für Weitverkehrsverbindungen werden dagegen Einwellentyp-Mantelfasern oder Gradientenfasern benötigt. Die letzteren sind am schwierigsten zu fertigen. Diese beiden Fasern kommen insbesondere zur Verbindung von Städten (Intercity Communication) in Betracht.

Lumineszenzdioden liefern eine räumlich und zeitlich inkohärente Strahlung. Ihre volle Strahlungsleistung kann die Lumineszenzdiode nur an eine Vielwellentypfaser abgeben. Infolgedessen ergeben sich drei Ausführungsformen für das Faserleitungsteilsystem des kompatiblen Systems. Bei der ersteren handelt es sich um ein Faserleitungssystem für das Ortsnetz mit einfachen Lumineszenzdioden und dem billigeren Vielwellentyp-Mantelfaserkabel (oder mit dem Gradientenfaserkabel).

Die zweite Ausführung ist für das Weitverkehrsnetz bestimmt und benutzt Lumineszenzdioden oder Laser als Strahlungsquelle und das Gradientenfaserkabel.

Die dritte Ausführung ist gleichfalls für das Weitverkehrsnetz bestimmt und gebraucht Laser als Strahlungsquelle und Einwellentyp-Mantelfaserkabel.

Das kompatible System gemäß der Erfindung arbeitet nach dem Zeitmultiplexverfahren. Das Faserleitungsteilsystem benützt darüber hinaus das Raummultiplexverfahren, d. h. zur Übertragung sind mehrere räumlich getrennte Kanäle, nämlich verschiedene durchlässige Fasern, vorhanden. Das kompatible System läßt sich als Duplexsystem ausführen. Beim Faserleitungsteilsystem wird hierzu ein Teil der Fasern zur Übertragung in einer Richtung, ein anderer Teil für die Gegenrichtung verwendet.

Das für die Regeneratoren der Wiederholverstärker nötige Taktsignal kann beim Faserleitungsteilsystem durch besondere Fasern optisch übertragen werden. Der Takt läßt sich aber auch u. U. mit Informationssignalen gemeinsam über eine Faser übertragen. Es besteht aber auch u. U. die Möglichkeit, das Taktsignal aus dem Informationssignal zu gewinnen. Im Kabel sind metallische Adern als Stromzuführung für die Wiederholverstärker vorzusehen.

Das Richtfunk-Teilsystem und das Faserleitungsteilsystem des kompatiblen Systems erlaubt die Benutzung von digitalen Wiederholverstärkern. Der Wiederholverstärker des Faserleitungsteilsystems besteht in seiner einfachsten Ausführung aus dem optischen Detektor nebst nachgeschaltetem Verstärker, dem Regenerator, einer Treiberstufe und der Strahlungsquelle (Lumineszenzdiode). Bei Verwendung eines Laser als Strahlungsquelle ist u. U. ein besonderer externer Modulator erforderlich.

Die Streckenlänge des Faserleitungsteilsystems läßt sich außer durch Erhöhung der Strahlungsenergie der Strahlungsquelle auch durch Verwendung eines optischen Vorverstärkers vor dem optischen Detektor steigern. Hierzu ist u. U. ein He-Ne-Laserverstärker, ein Festkörperlaserverstärker, insbesondere ein Nd-Glas-Laserverstärker, ein Glasfaser-Raman-Laserverstärker oder ein Flüssigkeitslaserverstärker geeignet. Zur Unterdrückung seines Rauschens in der Rückwärtsrichtung lassen sich gegebenenfalls vorgeschaltete optische Isolatoren verwenden, in der Vorwärtsrichtung dienen hierzu nachgeschaltete optische Filter.

Für die Miniaturisierung der Gas-, Flüssigkeits- oder Festkörperlaserverstärker in einem Wiederholverstärker liegen verschiedene Prinzipien vor. Sie können aus einem gemeinsamen Stromerzeuger (Gleich- oder Wechselstrom) die Energie für ihr Pumplicht entnehmen.

Im folgenden wird auf die mit der Kompatibilität zusammenhängenden Probleme beim System gemäß der Erfindung eingegangen.

Für Lasernachrichtenübertragungssysteme, die bei etwa 1,06  $\mu\text{m}$  Wellenlänge arbeiten, stehen folgende Systemkomponenten prinzipiell zur Verfügung:

- 1) Nd:YAG-Laser
- 2) Nd:YALO-Laser
- 3) Nd:CaWo-Laser

- 4) Nd:Glas-Laser
- 5) Nd:Yb-Glaslaser
- 6) Injektionslaser, z. B.  $\text{InP}$ ,  $\text{As}$ -Injektionslaser. Letztere emittieren je nach Mischungsverhältnis im Bereich zwischen 0,94 und 1,10  $\mu\text{m}$  Wellenlänge
- 7) Lumineszenzdioden; zum Beispiel emittieren  $\text{GaInAs}$ -Lumineszenzdioden im Bereich um 1  $\mu\text{m}$  Wellenlänge
- 8) He-Ne-Laser und He-Ne-Laserverstärker mit 1,0621  $\mu\text{m}$  Wellenlänge (2s, nach 2p, Übergang beim Neon in einer He-Ne-Mischung)
- 9) Nd: Glas-Laserverstärker
- 10) Glasfaser-Raman-Laserverstärker
- 11) Nd:  $\text{POCl}_3$ -Laserverstärker
- 12) Nd:  $\text{SeOCl}_2$ -Laserverstärker
- 13) Abstimmbarer parametrischer  $\text{Ba NaNb}_3\text{O}_{12}$ -Oszillator, mit dem Wellenbereich 0,96 bis 1,16  $\mu\text{m}$  im Dauerstrichbetrieb (0,65 bis 4  $\mu\text{m}$  Wellenlänge erscheinen möglich).

Es empfiehlt sich daher beim System gemäß der Erfindung die Verwendung dieser Wellenlänge. Hierdurch wird z. B. bei Satelliten-, Richtfunk- und Faserleitungssystemen die Verwendung von miniaturisierten He-Ne-Laserverstärkern mit 1,06  $\mu\text{m}$  Wellenlänge, Nd-Glas-Laserverstärkern, Glasfaser-Raman-Laserverstärkern und von Nd:  $\text{POCl}_3$ -Laserverstärkern möglich, z. B. als Vorverstärker für optische Detektoren. Bei Laser-, Richtfunk- und Faserleitungssystemen können die gleichen Verstärker als analoge Wiederholverstärker eingesetzt werden.

Die Vorteile, die infolge der Kompatibilität für das ganze System gemäß der Erfindung eintreten, sind:

1. Bei der Übertragung in allen denkbaren Medien wird die gleiche Modulation und der gleiche Code benutzt. Hierdurch entfallen an den Schnittstellen die Umcodierer.
  2. Besonders einfache Multiplexeinrichtung. Startimpulse entfallen.
  3. An Schnittstellen, an denen lediglich durchgeschaltet wird, entfallen Endstelleneinrichtungen mit Multiplexern und Demultiplexern, z. B. an der Schnittstelle Faserkabelzuführung/optisches Richtfunkssystem bzw. optisches Satellitenübertragungssystem.
  4. Bei ausschließlicher Verwendung der Wellenlängen um 1,06  $\mu\text{m}$  wird die Verwendung einer größeren Zahl von optoelektronischen Komponenten möglich, die zusammenpassen. Insbesondere können He-Ne-Laser mit 1,06  $\mu\text{m}$  Wellenlänge, Festkörperlaserverstärker, oder Flüssigkeitslaserverstärker eingesetzt werden, z. B. als optische Vorverstärker für optische Detektoren und als analoge Wiederholverstärker.
- Durch die Kompatibilität wird eine zweckmäßigere Konstruktion von Teilsystemen, Baustufen und Schaltungen möglich. Zum Beispiel ist bei dem als Stand der Technik beschriebenen PCM/IM-Faserleitungssystem wenig Ausbaumöglichkeit vorhanden und eine Anpassung an besondere Verhältnisse schlecht möglich; eine Zuschaltung von Laserverstärkern ist schon wegen der verwendeten Wellenlänge unmöglich, im Gegensatz zum System gemäß der Erfindung.
5. Durch die Kompatibilität von Teilsystemen und Komponenten wird die Miniaturisierung erleichtert.

Im folgenden wird anhand von neun Figuren das

optische Übertragungssystem nach der Erfindung im einzelnen erläutert. Es zeigt

Fig. 1 ein Übersichtsbild des Gesamtsystems,

Fig. 2 einen Festkörperlaser für eine optische Richtfunkstrecke, mit Modulation durch einen Güteschalter,

Fig. 3 einen Festkörperlaser mit Auskoppelmodulation,

Fig. 4 ein Prinzipschaltbild des Faserleitungssystems,

Fig. 5 den optischen Sender des Faserleitungssystems (mit Lumineszenzdioden),

Fig. 6 den optischen Wiederholverstärker des Faserleitungssystems (mit Lumineszenzdioden),

Fig. 7 den optischen Empfänger des Faserleitungssystems,

Fig. 8 den optischen Sender des Faserleitungssystems (mit Laserdioden und Modulatoren) und schließlich

Fig. 9 einen Wiederholverstärker mit Laserdioden und externen Modulatoren für das Faserleitungssystem nach Fig. 4.

Im folgenden wird eine Beschreibung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung gegeben. Eine Übersicht über das Prinzip des Systems gemäß der Erfindung gibt Fig. 1. Das System besteht aus einem Netz von Faserleitungen  $F$ , die zwischen Vermittlungsstellen  $VSt$  verlaufen. Dabei kann es sich um die Vermittlungsstellen innerhalb eines Ortsnetzes, aber auch um in verschiedenen Städten gelegene Fernvermittlungsstellen handeln. Die Faserleitungen besitzen Endstelleneinrichtungen  $TE$  und optische Senderempfänger  $TX/RX$ .

In Fig. 1 ist eine Masche dieses Netzes mit drei Vermittlungsstellen  $VSt$  zu sehen. An die linke Vermittlungsstelle ist die Bodenstation eines optischen Satellitenübertragungssystems mit dem optischen Senderempfänger  $S/E$  durch eine Faserleitung angeschlossen. Das Satellitenübertragungssystem in Fig. 1 weist zwei Satelliten  $Sat$  auf, auf denen der linke als Relais dient. Falls mehrere Satelliten zum System gehören, enthalten die Relaisatelliten einen optischen Wiederholverstärker.

An die rechte andere Vermittlungsstelle ist eine optische Richtfunkstrecke mit Hilfe einer Faserleitung angeschlossen. Das Richtfunkteilsystem des kompatiblen Systems setzt sich ähnlich wie das Faserleitungssystem aus Endstelleneinrichtungen  $TE$ , Senderempfängern  $tx/rx$  und gegebenenfalls Relaisstationen mit Wiederholverstärkern zusammen; im Bild ist aus Platzgründen keine solche Station gezeigt. An die Vermittlungsstellen sind Fernsprechapparate  $FeAp$ , Bildübertragungseinrichtungen  $TV$  und Datenend-einrichtungen  $DEE$  angeschlossen. Übertragungsleitungen für Ton und Bild können auch über besondere Schaltstellen (im Bild nicht gezeigt) zugeführt und abgeleitet werden.

Das Prinzip des Richtfunkteilsystems ist in Fig. 2 dargestellt. Das Eingangssignal wird mit einem Codierer in ein DPPM-Signal verwandelt. Dieses betätigt einerseits den Güteschalter des Festkörperlaser, andererseits über eine Steuerstufe die Lumineszenzdioden, die das Pumplicht liefern. Im optischen Empfänger fallen die DPPM-Lichtimpulse auf den optischen Detektor und werden in elektrische Impulse umgewandelt. Nach Verstärkung und Decodierung steht am Ausgang das übertragene Signal zur Verfügung.

Eine weitere Ausführungsform der Erfindung unterscheidet sich von der beschriebenen durch die Methode der Impulserzeugung des Festkörperlaser. Die Fig. 3 zeigt den optischen Sender dieser Ausführungsform. Hier erfolgt die Erzeugung der Lichtimpulse durch Auskoppelmodulation mit Hilfe eines elektrooptischen Modulators im Resonator des Lasers; der Modulator dient in Verbindung mit einem Polarisationsprisma als Auskoppelschalter (aktiver Güteschalter). Die DPPM-Impulse werden dem Modulator über einen Verzögerungskreis und einen Modulatorverstärker zugeführt.

Das Prinzipschaltbild des Faserleitungs-Teilsystems ist in Fig. 4 erläutert. Es überträgt Telefon-, Fernseh- und Datensignale in beiden Richtungen. Benötigt werden folgende Baustufen:

Zwei Endstelleneinrichtungen *TM*, zwei optische Senderempfänger *TX/RX* und eine angemessene Anzahl von Wiederholverstärkern *R*.

Diese Baustufen in ihrer einfachsten Ausführung werden in den Fig. 5 bis 9 im einzelnen dargestellt. Dabei sind in den Figuren nur zwei Fasern nebst den zugehörigen Schaltelementen zu sehen und es ist nur eine Übertragungsrichtung berücksichtigt.

Der optische Sender (Fig. 5) besteht aus einer Treiberstufe, die die Strahlungsquelle, z. B. eine Leuchtstofflampe, steuert. Bei Verwendung einer Laserdiode ist diese mit einem externen optischen Modulator zu betreiben. Einen derartigen optischen Sender zeigt Fig. 8 und einen Wiederholverstärker, der den gleichen Aufbau beim optischen Senderteil enthält, Fig. 9. Die Lichtimpulse des optischen Senders gelangen durch die transparenten Fasern des Faserkabels zum Wiederholverstärker *R*.

Der optische Wiederholverstärker *R* (Fig. 6) besteht aus dem optischen Detektor mit nachgeschaltetem Verstärker, dem Regenerator sowie einer Treiberstufe und der Strahlungsquelle. Der Wiederholverstärker kann aus einem optischen Sender *TX* und einem optischen Empfänger *RX* zusammengesetzt werden. Nach Verstärkung und Regenerierung der elektrischen Impulse im Wiederholverstärker gibt dieser sie als Lichtimpulse an nachgeschaltete weitere

Faserkabel und Wiederholverstärker ab.

Zuletzt gelangen die Lichtimpulse zum optischen Empfänger *RX* (Fig. 7). Er setzt sich aus dem optischen Detektor, dem Verstärker und dem Regenerator zusammen. In ihm werden die Lichtimpulse in elektrische Impulse umgewandelt, die der Endstelleneinrichtung *TM* zugeführt werden.

Die Endstelleneinrichtung *TM* (Terminal) besitzt Anschlüsse sowohl für ankommende als auch abgehende Telefon-, Daten- und Fernsehkanäle, da sie im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Baustufen in beiden Übertragungsrichtungen arbeitet. Sie enthält Analog/Digital-Umformer, Digital/Analog-Umformer, Multiplexer- und Demultiplexer. Hiermit wird ein Multiplexsignal erzeugt, das dem optischen Sender *TX* zugeführt wird. Andererseits erhält die Endstelleneinrichtung das Ausgangssignal des optischen Empfängers *RX* zum Demultiplexen und zur Rückwandlung in analoge Signale (mit Ausnahme der Datenkanäle).

Man erkennt jetzt an Hand von Fig. 4 den einfachen zweckmäßigen Aufbau des Faserleitungssystems. Obwohl im Bild insgesamt 10 Baustufen gezeigt sind, handelt es sich tatsächlich nur um drei verschiedene Baugruppentypen, nämlich optische Sender *TX*, optische Empfänger *RX* und Endstelleneinrichtungen *TM*, die Wiederholverstärker bestehen bekanntlich aus optischen Sendern und Empfängern, die zusammengeschaltet sind.

Schließlich findet man an Hand von Fig. 1, daß Endstelleneinrichtungen nur in Verbindung mit Vermittlungsstellen *VSt* vorkommen. Infolge der gemäß der Erfindung angewandten einheitlichen Modulation und Codierung braucht an Verbindungsstellen, z. B. beim Übergang von der Faserleitung zum Satellitenübertragungssystem oder zum Richtfunkssystem, nicht zum Basisband zurückgegangen werden, sondern es läßt sich unmittelbar durch Verbindung von optischem Senderempfänger mit optischen Senderempfänger durchschalten. Hierdurch entfallen an diesen Durchschaltstellen die sonst benötigten Endstelleneinrichtungen und die durch sie bedingten Modulationsverzerrungen.

2. 9. 11

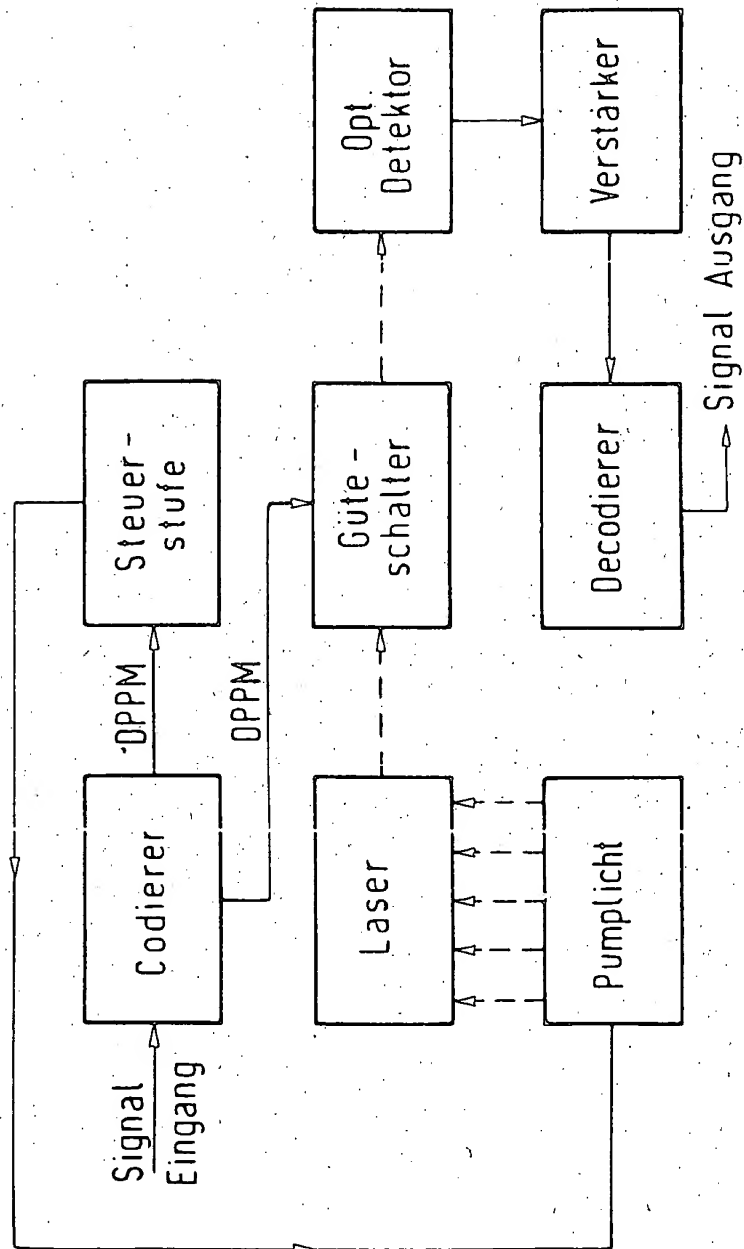




Fig.3

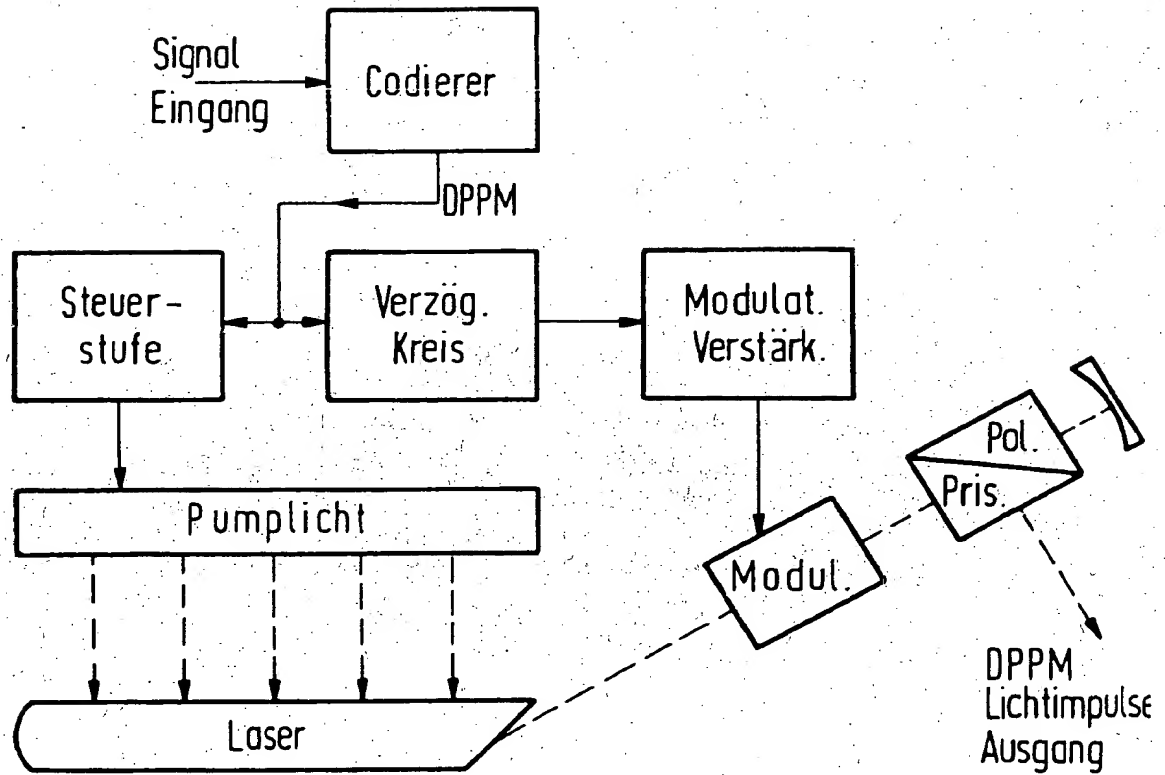


Fig. 4

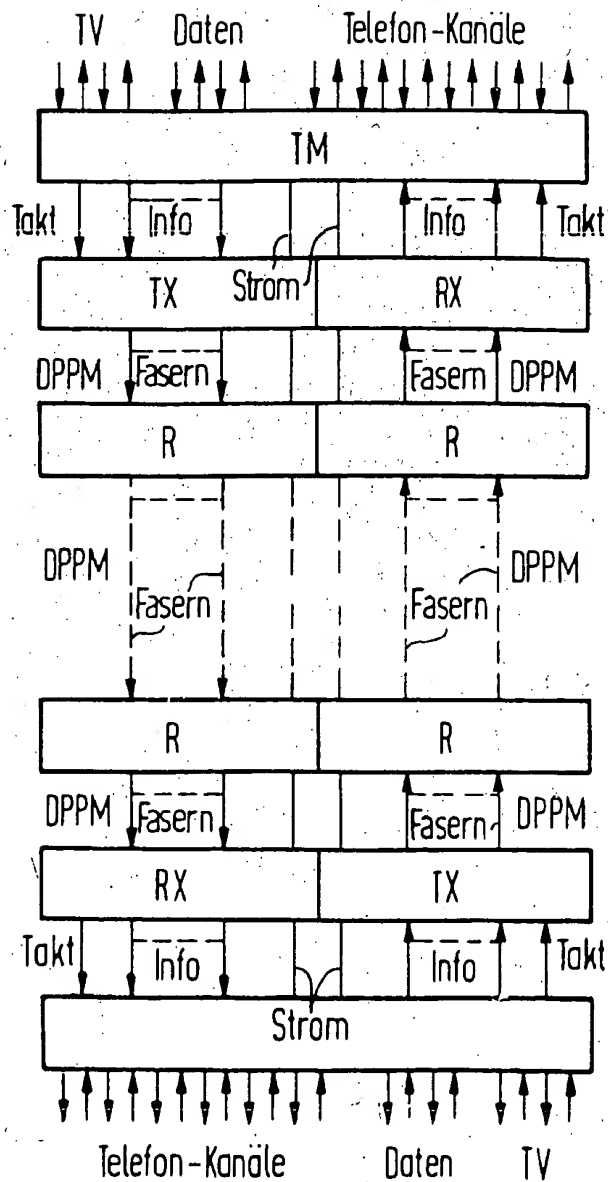


Fig. 5

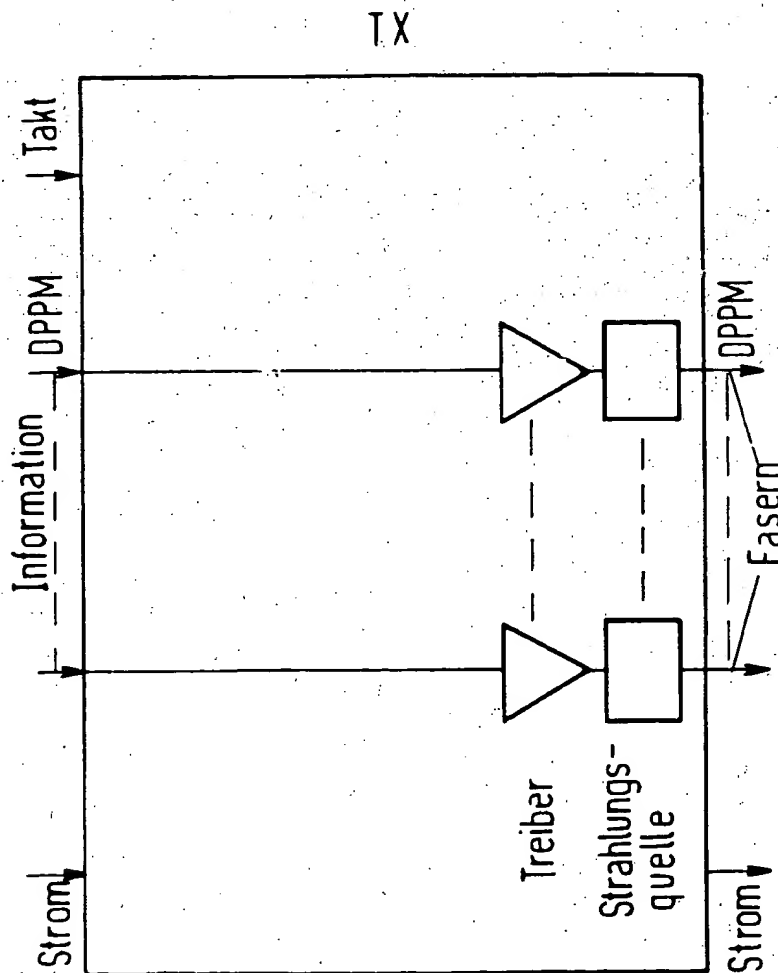


Fig. 6

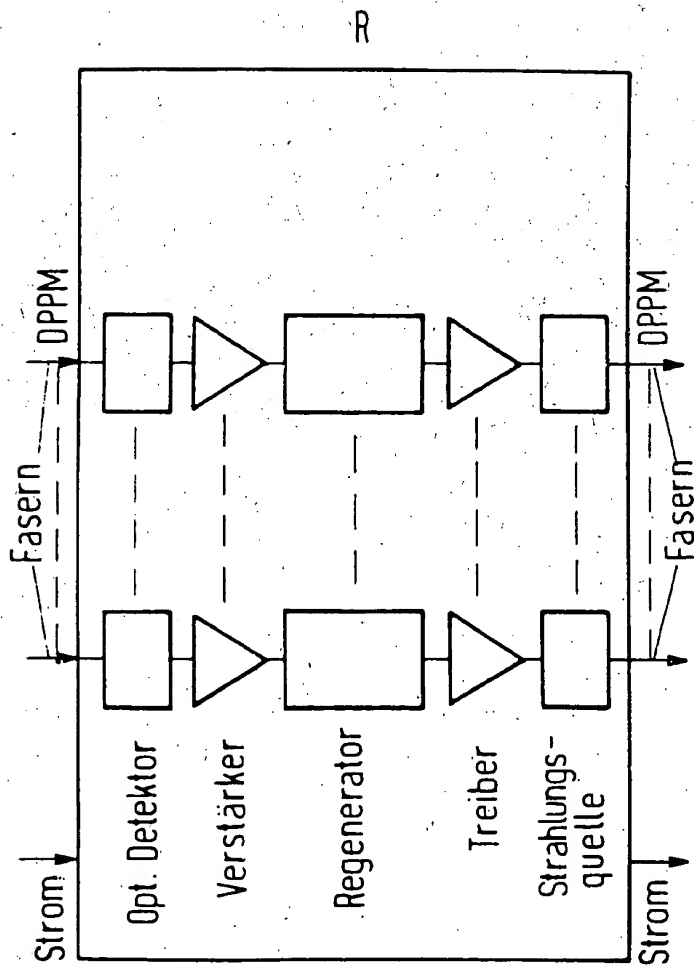


Fig. 7

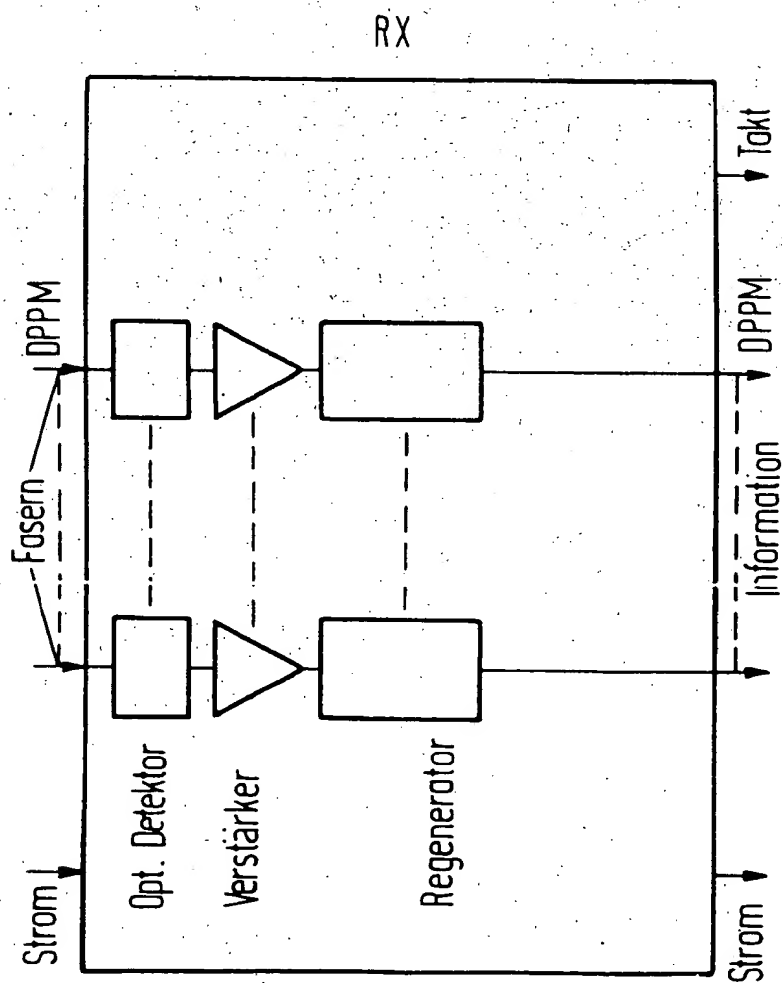


Fig. 8

TX

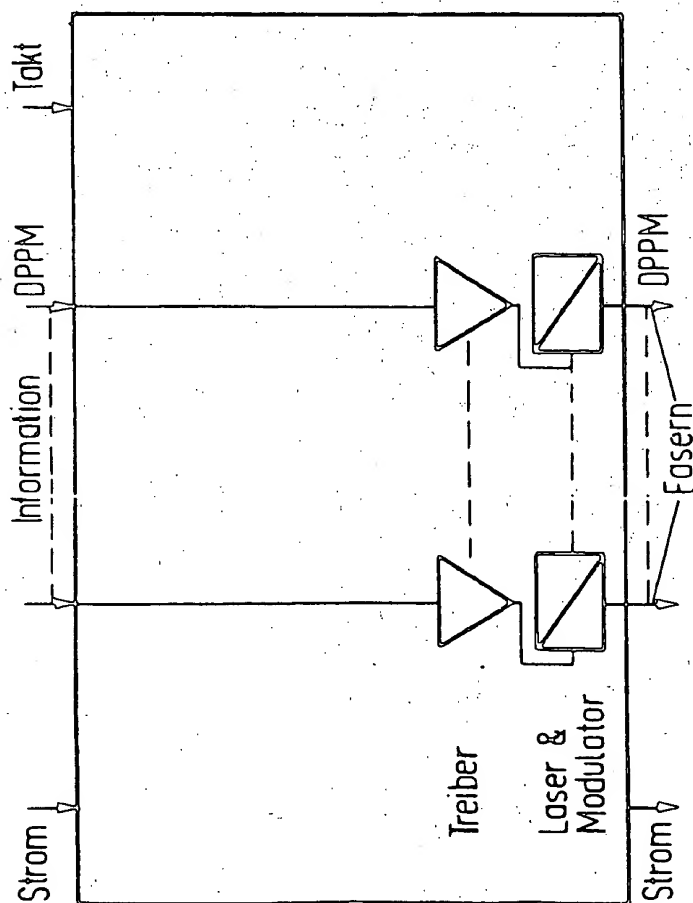
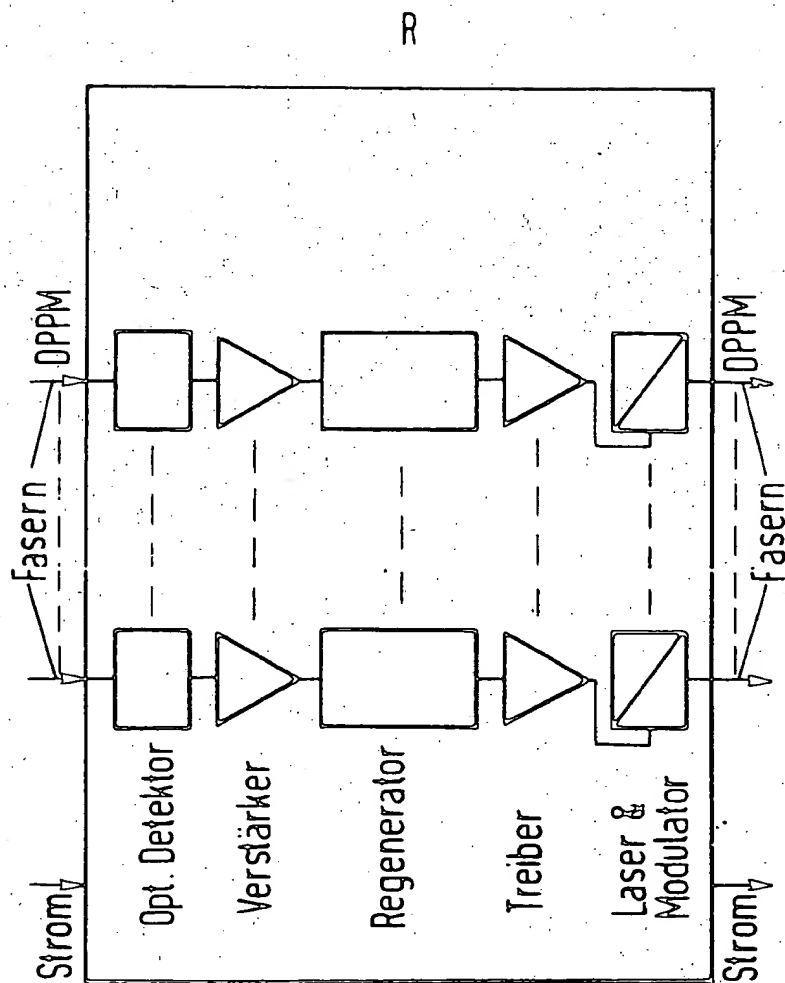


Fig. 9



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)